

Caracterización nutricional de variedades tradicionales valencianas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

Debido a la erosión genética provocada en los cultivos al primar producción sobre calidad, llegándose incluso a comprometer la seguridad alimentaria mundial, es de vital importancia preservar las variedades tradicionales de hortalizas, por ser la principal fuente de biodiversidad agrícola en la actualidad. En este trabajo se han evaluado 6 variedades locales de pimiento (*Capsicum annuum*), seleccionadas en base a su fenotipo del fruto, en los que se han analizado diversos parámetros de calidad nutricional relevantes para la salud humana, medidos en fruto verde y en rojo, con el fin de fomentar la conservación y cultivo de las variedades tradicionales valencianas de pimiento. De los resultados obtenidos, podemos concluir que, aun existiendo diferencias significativas entre las variedades, la madurez de los frutos es clave para obtener la calidad deseada del fruto, pudiéndose obtener un alto aporte de vitaminas y antioxidantes mediante su ingesta.

PALABRAS CLAVE: pimiento, variedad tradicional, calidad nutricional, conservación.

E. Martínez-Ispizua¹, M.R. Martínez-Cuenca¹, J.I. Marsal¹, J.J. Cerdá¹, M.J. Díez², S. Soler², J.V. Valcárcel², A. Calatayud*

¹Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Moncada, Valencia, España;

²Instituto Universitario de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana (COMAV), Universitat Politècnica de València. Valencia, España

*e-mail: calatayud_ang@gva.es

INTRODUCCIÓN

La utilización de variedades hortícolas de alto rendimiento, resistentes a enfermedades, mejor apariencia, etc..., ha provocado con el tiempo una notable erosión genética en los cultivos y una preocupante pérdida de biodiversidad agraria. Tal es el impacto de estos cambios que la FAO (<http://www.fao.org/home/es/>), ya en el año 2004, advirtió que la biodiversidad se hallaba en peligro, y que ello podría comprometer seriamente en el futuro la seguridad alimentaria a nivel mundial. Por desgracia, en la actualidad, el problema se sigue obviando.

Las variedades tradicionales hortícolas son aquellas que se han ido diferenciado a través de un proceso histórico de selección por parte de los agricultores y que, por tanto, están adaptadas a las condiciones y técnicas de cultivo de la zona. Suponen un gran patrimonio genético como fuente de biodiversidad agrícola,

elemento clave para asegurar la calidad alimentaria. Favorecen el desarrollo de la economía local, son gratuitas y de fácil acceso. Además, las variedades locales están mejor adaptadas a condiciones agroclimáticas específicas y, por lo tanto, se recomiendan especialmente para nuevos tipos de agricultura basados en bajos insumos como la producción orgánica (Gonzalez-Cebrino *et al.*, 2011; Ribes-Moya *et al.*, 2018). Por este motivo, recuperar las variedades tradicionales, cultivarlas y clasificarlas, forma parte de un patrimonio global clave para la economía y para el futuro alimentario. La Comunitat Valenciana cuenta con gran diversidad de variedades tradicionales de hortalizas seleccionadas principalmente en base a su calidad organoléptica, un extenso y valioso patrimonio que por desgracia se encuentra en un peligro real de desaparición (Ferrer Ripollès y Zaragoza Rovira, 1980).

Recientemente en los países desarrollados, los consumidores

están manifestando una preocupación creciente por la calidad organoléptica, el valor nutricional y la seguridad alimentaria de los productos que se consumen. Por tanto, teniendo en cuenta este cambio de mentalidad y conociendo la importancia de recuperar la biodiversidad, resulta necesario promover la conservación generalizada de estas variedades favoreciendo el cultivo en sus zonas de origen y recuperando su explotación comercial. Todo ello, además, sin perjuicio del mantenimiento de la rentabilidad agraria de los agricultores.

La composición química, en particular de los compuestos bioactivos de los vegetales, puede dar un valor añadido al producto ante la creciente preocupación de los consumidores sobre el valor nutricional y nutracéutico y su relación positiva con la salud humana, lo que se conoce como alimento funcional (Dillard y German, 2000; Pandey y Rizvi, 2009). No son pocos los estudios clínicos que



Figura 1. Fructificación de plantas de pimiento cultivadas en invernadero.



Figura 2. Frutos verdes y rojos de las variedades locales utilizadas en el estudio. Cada una de las secciones que componen la cuadrícula sobre la que se han realizado las fotos de los frutos, tiene un área total de 1 cm².

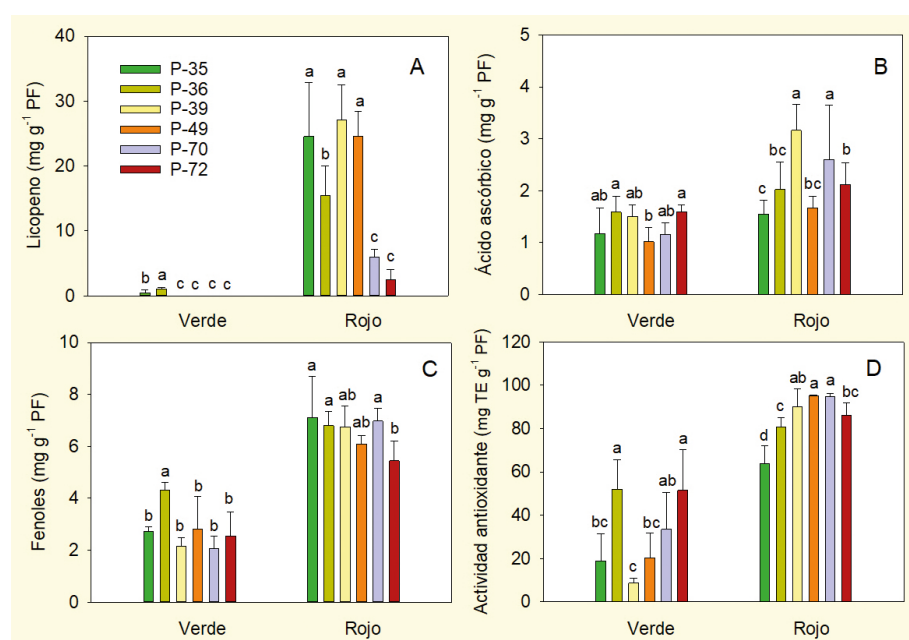


Figura 3. Concentración de licopeno (A), ácido ascórbico (B), fenoles (C) y actividad antioxidante (D) en frutos verdes y rojos de 6 variedades locales de pimiento de la comunidad valenciana. PF: Peso fresco; TE: equivalentes de Trolox.

demuestran una relación positiva entre una dieta saludable basada en el consumo de frutas y verduras y una reducción en la tasa de mortalidad debido a enfermedades cardíacas, cáncer y otras enfermedades degenerativas, así como el envejecimiento. Esto se atribuye al hecho de que estos alimentos son la fuente principal de compuestos nutraceuticos, que en el caso particular de los compuestos antioxidantes, pueden eliminar los radicales libres (Diplock *et al.*, 1998) y, por lo tanto, ayudar a prevenir o retrasar los procesos de senescencia en las células (Willcox *et al.*, 2004; Pandey y Rizvi, 2009; Shlisky *et al.*, 2017).

El pimiento es una de las hortalizas más cultivadas en la Comunitat Valenciana (Figura 1) (6º puesto en producción tras cebolla, tomate, sandía, alcachofa, lechuga, y 10º en superficie) con un total de 809 ha cultivadas en 2019, distribuidas en sus tres provincias (44% Valencia, 40% Alicante y 16% Castellón). A pesar de que nuestra comunidad sólo representa el 3,8% de toda la superficie cultivada de pimiento en España, los rendimientos del cultivo tanto al aire libre como protegido (46.092 y 118.736 kg ha⁻¹, respectivamente) son mucho mayores que los de la media nacional (39.539 y 78.539 kg ha⁻¹, respectivamente) y la producción total de 63.876 Tm anuales, representa el 4,6% de la producción total de España (<http://www.agroambient.gva.es/es/estadisticas1>; <http://www.mapa.gob.es/>).

La alta capacidad antioxidante del pimiento junto con su elevada riqueza en ácido ascórbico, caroteno, fenoles, xantofilas y flavonoides lo convierten en un alimento funcional (Howard *et al.*, 2000; Zhuang *et al.*, 2012), pero la proporción en estos elementos son claramente dependientes, entre otros factores, del genotipo, del cultivar y del estado de madurez (Martínez *et al.*, 2005).

Este trabajo se realizó en el marco de un ambicioso proyecto financiado por el IVIA-GV y cofinanciado con fondos FEDER, para elaborar un inventario de los recursos fitogenéticos de las colecciones de germoplasma valenciano de pimiento que no habían sido caracterizados hasta el momento. En concreto en este artículo se presentan, analizan y discuten los resultados referentes al potencial nutracéutico de 6 variedades locales de pimiento claramente diferentes por la morfología de su fruto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Partiendo de una colección total de 18 variedades locales de pimiento pertenecientes a las colecciones del Banco de Germoplasma (BG) del COMAV-UPV y al Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), se seleccionaron 6 de ellas (**Tabla 1**) en base a su distintiva tipología de fruto (**Figura 2**) y amplia distribución en la Comunitat Valenciana.

Las plantas se cultivaron en un invernadero multi-span ubicado en el IVIA. Se plantaron 6 ejemplares por cada entrada a una densidad

de plantación de 1,8 plantas m⁻². El suelo fue franco arenoso (68% arena, 11% arcilla, 21% limo) y 0,61% materia orgánica. La conductividad eléctrica y el pH del agua de riego fue en promedio de 0,290 dS m⁻¹ y 8,1, respectivamente. El riego fue por goteo cubriendo el 100% de la evapotranspiración (ETc) del cultivo (Penella *et al.*, 2014). Los fertilizantes fueron aplicados a una concentración (kg ha⁻¹) de 200 N, 50 P₂O₅, 250 K₂O, 110 CaO and 35 MgO, según Maroto (2002). La media de las temperaturas mínima y máxima durante el experimento fue de 12-24 °C en mayo, 15-28 °C en junio, 19-32 °C en julio, 19-32 °C en agosto y 18-29 °C en septiembre (www.ivia.riegos.es).

El valor nutracéutico de las 6 variedades tradicionales de pimiento se determinó mediante la medida de: porcentaje de materia seca de los frutos, así como aquellos parámetros de calidad nutricional destacados por su contribución a la salud humana: capacidad antioxidante, contenido de fenoles, licopeno y ácido ascórbico. Los métodos utilizados fueron los recogidos en Brand-Williams (1995), Dewanto *et al.* (2002), Adejo *et al.*

(2015) y Kampfenkel *et al.* (2014), respectivamente. Los muestreos se realizaron en septiembre tomando cuatro frutos por entrada y utilizando la parte central del fruto para su determinación.

Los datos obtenidos de cada estado de maduración se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) simple, empleando el programa Statgraphics Plus 5.1, realizándose la separación de las medias mediante test LSD ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de la calidad nutracéutica del pimiento, los componentes bioactivos, como el licopeno, el ácido ascórbico y los fenoles son de gran interés y dependen tanto de la variedad local como del estado de madurez.

En este estudio, la concentración de licopeno fue claramente dependiente del estado de maduración del fruto, ya que como era de esperar los frutos rojos presentaron mayor concentración de este compuesto que los verdes (**Figura 3A**). De hecho, la baja detección en los extractos de frutos verdes en 4 de las 6 variedades indicaron la ausencia de licopeno en frutos inmaduros de estas variedades, detectándose solamente en P-35 y P-36 (0,45 y 1,05 mg g⁻¹ de peso fresco (PF), respectivamente). Por el contrario, sí hubo detección de licopeno en todos los frutos rojos, aunque con claras diferencias debidas al genotipo. Mientras que se observó un nivel elevado de licopeno de en torno a $25,42 \pm 1,45$ mg PF en 3 variedades (P-35, P-39 y P-49), este compuesto fue 5 y 10 veces menor en las variedades P-70 y P-72 (5,95 y 2,45 mg g⁻¹ PF respectivamente). La dependencia de la concentración de licopeno en función de la variedad ya se ha descrito anteriormente en pimiento, así como en otros cultivos (Chávez-Mendoza *et al.*, 2013, 2015; Navarro *et al.*, 2006; Thompson *et al.*, 2000). Nuestros resultados sobre licopeno son de gran interés por varias razones: 1) dentro de los

Tabla 1. Origen de las 6 variedades utilizadas en el estudio y nombre local/descripción del fruto.

Accesiones	Código de la entrada	Origen	Nombre local/ Descripción
P-35	BGV005087 ⁽¹⁾	Fanzara, Castellón, España	Pimiento pequeño/ rectangular lóculos marcados
P-36	BGV005035 ⁽¹⁾	Chelva, Valencia, España	Pimiento rojo 4 cantos/ tipo lamuyo forma irregular variable entre rectangular-cónico, sin patrón definido
P-39	BGV005115 ⁽¹⁾	Alicante, España	Pimiento largo de Reus/triangular punta truncada
P-49	BGV005046 ⁽¹⁾	Benissa, Alicante, España	Pimiento morrongo/ acampanulado-bola con lóculos muy poco marcados
P-70	IVIA 70 ⁽²⁾	Moncada, Valencia, España	Pimiento valenciano/ triangular truncado pero más redondeado
P-72	IVIA 72 ⁽²⁾	Canal de Navarrés, Valencia, España	Pimiento del cuerno/elongado lóbulos ligeramente marcados

Material vegetal procedente del Banco de Germoplasma del ⁽¹⁾Instituto de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, (COMAV, UPV, España) y ⁽²⁾Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA, España).

carotenoides se ha descrito como el inhibidor de los radicales libres (Edge *et al.*, 1997); 2) al contrario del β -caroteno, que también lo encontramos en concentraciones considerables sobre todo en fruto rojo, el licopeno no se transforma en vitamina A y su uso es por completo como antioxidante (Rao y Rao, 2007); y además, 3) permanece inalterado incluso después de cocinar la fruta ya que no es sensible al tratamiento térmico, como, por ejemplo, le ocurre al ácido ascórbico (Thompson *et al.*, 2000).

El contenido de ácido ascórbico en los frutos es dependiente del estado de maduración de los mismos (**Figura 3B**). Los frutos en rojo presentaron una mayor concentración de vitamina C, siendo la media de 2,235 mg g⁻¹ PF y de 1,366 mg g⁻¹ PF en frutos inmaduros, además de mostrar una mayor variabilidad entre las distintas entradas estudiadas. En los frutos verdes destacan las entradas P-36 y P-72, por presentar una concentración de ascórbico mayor con respecto a las demás variedades, con una concentración media de 1,591 \pm 0,21 mg g⁻¹ PF. Sin embargo, en los frutos en rojo destacan únicamente los cultivares P-39 y P-70, con una concentración

de 3,027 mg g⁻¹ PF y 2,89 mg g⁻¹ PF respectivamente. La relación entre el aumento de ácido ascórbico y la maduración de los frutos ya ha sido descrita en diversos estudios, como en los de Pfendt *et al.* (2003), Navarro *et al.* (2006), Martínez *et al.* (2005) y Ghasemnezhad *et al.* (2011). Pfendt *et al.*, (2003) también establece una comparativa de los niveles de vitamina C entre diferentes frutas y hortalizas, encontrando que el pimiento es uno de los alimentos con mayores niveles de este compuesto (0,85 y 1,44 mg g⁻¹ PF en verde y rojo, respectivamente). Son valores similares a los de otras hortalizas como el kale y el brócoli (0,93 y 0,84 mg g⁻¹ PF, respectivamente), conocidos por su alto contenido en esta vitamina (Watada, 1982; Pfendt *et al.*, 2003), e incluso más del doble del encontrado en frutas como fresas, cítricos, kiwi o uva (entre 0,54 y 0,24 mg g⁻¹ PF, Szeto *et al.*, 2002) (**Tabla 2**). El contenido en vitamina C de los frutos es de interés debido a su papel protector contra las especies reactivas de oxígeno, formadas a partir de procesos fotosintéticos y respiratorios, y su implicación en el ciclo celular y otros mecanismos de crecimiento de las plantas (Barata-Soares *et al.*, 2004). Por este motivo, el ácido ascórbico ha sido

relacionado con la tolerancia de las plantas al estrés salino y al aumento de producción de frutos (Mohammed, 2013). Además de ello, el ser humano no es capaz de sintetizar la vitamina C, por lo que ésta debe de ser proporcionada de manera externa (Rose, 1988). De este modo, la selección e ingesta de alimentos con una elevada concentración de la vitamina como el pimiento sería necesario a la par que beneficioso, puesto que, debido a su capacidad antioxidante, ayudaría a prevenir enfermedades como el cáncer o la arterioesclerosis (Leskovar *et al.*, 2004).

La concentración de fenoles por su parte fue el compuesto nutraceutico más estable entre variedades de todo el estudio (**Figura 3C**). En los frutos verdes solamente P-36 destacó sobre las demás por una concentración de fenoles significativamente superior (4,33 mg g⁻¹ PF) frente a los 2,46 mg g⁻¹ PF de concentración media en el resto. En frutos rojos, las variedades presentaron una concentración media de 6,256 \pm 0,58 mg g⁻¹ PF; siendo la variedad P-72 estadísticamente inferior al resto con una concentración de fenoles de 5,44 mg g⁻¹ PF. Entre estados de maduración, encontramos más fenoles en los frutos maduros que en inmaduros (valores medios de 6,256 y 2,77mg g⁻¹ PF, respectivamente). Sin embargo, existe cierta controversia en la bibliografía relacionada con la

Tabla 2. Concentración de vitamina C en diversas frutas y hortalizas.

Fruta/Hortaliza	Contenido en vitamina C (mg g ⁻¹ PF)
Pimiento rojo	1,44 ⁽¹⁾⁽²⁾
Pimiento verde	0,85 ⁽¹⁾
Kale	0,93 ⁽¹⁾ /1,62 ⁽²⁾
Col rizada	0,84 ⁽¹⁾
Brócoli	1,11 ⁽²⁾ /0,87 ⁽³⁾
Fresa	0,77 ⁽³⁾
Limón/Naranja/ Mandarina	0,58/0,54/0,20 ⁽³⁾
Kiwi	0,59 ⁽³⁾
Uva	0,39 ⁽³⁾
Piña	0,12 ⁽³⁾

Valores tomados de ⁽¹⁾Pfendt *et al.*, (2003), ⁽²⁾Watada (1982) y ⁽³⁾Szeto *et al.*, (2002).

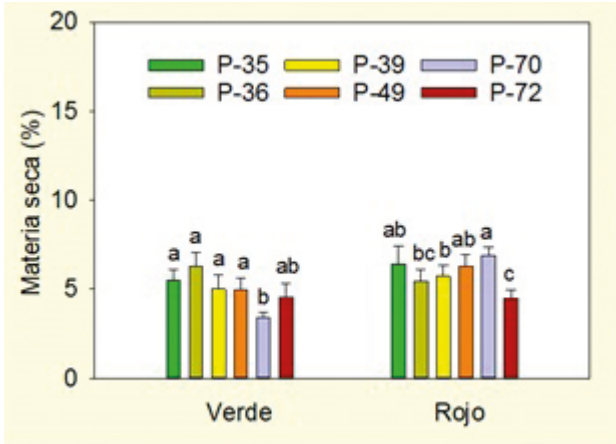


Figura 4. Porcentaje de materia seca en frutos verdes y rojos de 6 variedades locales de pimiento de la Comunitat Valenciana.

concentración de fenoles. Kevers *et al.* (2007) reportaron valores de fenoles con tendencia a aumentar respecto a su estado de madurez en frutos de pimiento rojos, amarillos y verdes de 2,96, 2,84 y 2,15 mg g⁻¹ PF, respectivamente, valores que son mayores incluso que los encontrados en otros cultivos conocidos por su calidad nutracéutica, como espinaca, brócoli, pepino y zanahoria. Otros autores apenas observaron incrementos entre pimientos de diferente estado de maduración o incluso encontraron niveles mayores en frutos verdes que en rojos (Rodríguez-Burruezo *et al.* 2011; Blanco-Ríos *et al.* 2013). En el mismo sentido, Marín *et al.* (2004) describen mayor contenido en fenoles en frutos inmaduros descartando la posible influencia del tamaño del fruto en el resultado, al utilizar frutos con tamaños similares en todos los estados de maduración.

Finalmente, la actividad antioxidante del pimiento o capacidad para eliminar radicales libres fue superior en frutos rojos, aunque los frutos verdes presentaron más variabilidad entre especies (**Figura 3D**). Por un lado, encontramos que la media en frutos verdes fue de 30,82 mg TE g⁻¹ PF, donde las variedades P-36 y P-72 llegaron a alcanzar los valores más altos en torno a 50 mg g⁻¹ PF, y en el otro extremo, P-39 presentó la capacidad antioxidante más baja (8,58 mg TE g⁻¹ PF). Cuando los

frutos alcanzaron la maduración incrementaron su actividad antioxidante comparada con la de los frutos inmaduros, alrededor de 1,5 veces en P-36 y P-72 y 3,6 veces en el resto. Sorprendentemente, la variedad P-39 fue la que más aumentó su capacidad oxidante en rojo (10,5 veces).

El porcentaje de materia seca de los frutos (**Figura 4**) en las variedades P-35, P-36, P-39 y P-72 es independiente del estado de maduración. Por lo tanto, no parece que los mayores niveles de compuestos nutracéuticos en frutos rojos de estas variedades, esté condicionado por el contenido de agua. Sin embargo, en las variedades P-49 y P-70 observamos que el incremento en el porcentaje de materia seca entre frutos verdes y rojos fue estadísticamente significativo (1,3 y 3,5%, respectivamente). Eso significa que en estos frutos hay una menor cantidad de agua en el estado de maduración. Por otro lado, estas dos variedades muestran una correlación altamente positiva entre materia seca y concentración de los distintos compuestos (**Tabla 3**). A pesar de ello, cuando expresamos los resultados de los compuestos como contenido (datos no mostrados) y no como concentración (**Figura 2**), todavía encontramos que son más abundantes en los frutos rojos. Todo ello apoya que efectivamente, hay

una mayor síntesis de compuestos nutracéuticos como resultado del proceso de maduración.

CONCLUSIONES

1 / La presencia de una poderosa maquinaria para la activación de la síntesis de componentes bioactivos en variedades locales de pimiento, que es dependiente del estado de madurez. En frutos rojos se obtienen los mayores contenidos de vitamina C, fenoles y en especial de licopeno. Todo ello correlaciona con una elevada capacidad antioxidante en frutos maduros.

2 / Los elevados niveles de antioxidantes tanto en fruto rojo como en verde hacen del pimiento un alimento funcional y de alto valor nutricional en todos sus formatos cuando se comparan sus concentraciones con otros vegetales/ frutos.

AGRADECIMIENTOS

Esta actividad estuvo financiada por el IVIA en el proyecto "Conservación y mejora de especies de hortalizas tradicionales de la Comunitat Valenciana" y cofinanciada con fondos FEDER.

BIBLIOGRAFÍA

- Adejo G.O., Agbali F.A., Otokpa O.S.** 2015. Antioxidant, total lycopene, ascorbic acid and microbial load estimation in powdered tomato varieties sold in Dutsin-Ma market. *OALib Journal*, 02:1-7.
- Barata-Soares A.D., Gómez M.L., Mesquita C.H.D., Lajolo F.M.** 2004. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16:147-154.
- Blanco-Ríos A.K., Medina-Juarez L.A., González-Aguilar G.A., Gamez-Meza N.** 2013. Antioxidant activity of the phenolic and oily fractions of different sweet bell peppers. *J. Mex. Chem. Soc.* 57:137-143.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C.L.W.T.** 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28:1:25-30.

Tabla 3. Coeficientes de correlación y su significación determinados entre materia seca y cada compuesto fitoquímico producidos por el total de frutos (verdes y rojos) en seis variedades locales de pimiento.

COMPUESTO	P-35	P-36	P-39	P-49	P-70	P-72
Licopeno	ns	ns	ns	* r = 0,7662	*** r = 0,9659	ns
Ácido ascórbico	ns	ns	ns	* r = 0,7321	** r = 0,8712	ns
Fenoles	ns	ns	ns	* r = 0,5199	*** r = 0,9585	ns
DPPH	ns	ns	ns	** r = 0,9455	*** r = 0,9790	ns

En el análisis estadístico se utilizaron 4 repeticiones por variedad local. Se incluye el coeficiente de correlación r cuando la correlación es significativa. ns: P > 0.05; *: P ≤ 0.05; **: P ≤ 0.01; ***: P ≤ 0.001.

Chávez-Mendoza C., Sánchez E., Carvajal-Millán E., Muñoz-Márquez E., Guevara-Aguilar A. 2013.

Characterization of the nutraceutical quality and antioxidant activity in bell pepper in response to grafting. *Molecules*, 18(12):15689-15703.

Chávez-Mendoza C., Sanchez E., Muñoz-Marquez E., Sida-Arreola J.P., Flores-Cordova M.A. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. *Antioxidants*, 4(2):427-446.

Dewanto V., Wu X., Adom K.K., Liu R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50:3010-3014.

Dillard C.J., German J.B. 2000. Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *J. Sci. Food Agric.* 80:1744-1756.

Diplock A., Charuleux J., Crozier-Willi G., Kok F., Rice-Evans C., Roberfroid M., Stahl W., Viña-Ribes J. 1998. Functional food science and defence against reactive oxidative species. *Br. J. Nutr.*, 80(S1): S77-S112.

Edge R., McGarvey D.J., Truscott T.G. 1997. The carotenoids as anti-oxidants - a review. *J. Photoch. Photobio, B: Biology* 41:189-200.

Ferrer Ripollés M.A., Zaragoza Rovira G. 1980. El país valencià. Anaya. Madrid, España. 258.

Ghasemnezhad M., Sherafati M., Payvast G.A. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of functional foods*, 3:44-49.

Gonzalez-Cebrino F., Lozano M., Ayuso M.C., Bernalte M.J., Vidal M.C., González D. 2011. Characterization of traditional tomato varieties grown in organic conditions. *Span J. Agric Res.*, 9:444-452.

Howard L.R., Talcott S.T., Brenes C.H., Villalon B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *J. Agric. Food Chem.* 48:1713-1720.

Kampfenkel K., Van Montagu M., Inzé D. 1995. Extraction and determination of ascorbate and dehydroascorbate from plant tissue. *Analytical biochemistry*. 225:165-7.

Kevers C., Falkowski M., Tabart J., Defraigne J. O., Dommès J., Pincemail J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (21):8596-8603.

Leskovar D.I., Bang H., Crosby K., Maness N., Franco J.A., Perkins-Veazie P. 2004. Lycopene, carbohydrates, ascorbic acid and yield components of diploid and triploid watermelon cultivars are affected by deficit irrigation. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79:75-81.

Marín A., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., Gil M.I. 2004. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 52:3861-3869.

Maroto J.V. 2002. *Horticultura Herbácea Especial*, 5th ed.; Mundi-Prensa, Madrid, Spain.

Martínez S., López M., González-Raurich M., Álvarez B. 2005. The effects of ripening stage and processing systems on vitamin C content in sweet peppers (*Capsicum annum* L.). *International journal of food sciences and nutrition*, 56:45-51.

Mohammed G.H. 2013. Effect of Seamino and ascorbic acid on growth, yield and fruits quality of Pepper (*Capsicum annum*L.). *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 17:9.

Navarro J.M., Flores P., Garrido C., Martínez V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chemistry*, 96:66-73.

Pandey K.B., Rizvi S.I. 2009. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2:270-278.

Penella C., Nebauer S.G., San Bautista A., López-Galarza S., Calatayud A. 2014. Rootstock alleviates PEG-induced water stress in grafted pepper seedlings; physiological responses. *J. Plant Physiol.* 171:842-851.

Pfendt L. B., Vukašinović V.L., Blagojević N.Z. & Radojević M.P. 2003. Second order derivative spectrophotometric method for determination of vitamin C content in fruits, vegetables and fruit juices. *European Food Research and Technology*, 217(3):269-272.

Rao A.V., Rao L.G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacol. Res.*, 55:207-216.

Ribes-Moya A.M., Raigón M.D., Moreno-Peris E., Fita A., Rodríguez-Burruezo A. 2018. Response to organic cultivation of heirloom *Capsicum* peppers: Variation in the level of bioactive compounds and effect of ripening. *PLoS one*, 13(11):e0207888.

Rodriguez-Burruezo A., Raigón M.D., Prohens J., Nuez F. 2011. Characterization for bioactive compounds of spanish pepper landraces. *Proc. XXVIIIth IHC-IIIrd IS on Plant Genetic Resources*. ED.: K. E. Hummer *Acta Hort.* 918, ISHS 2011.

Rose R.C. 1988. Transport of ascorbic acid and other watersoluble vitamins. *Biochimica et Biophysica Acta*, 974:335-366.

Shlisky J., Bloom D.E., Beaudreault A.R., Tucker K.L., Keller, H.H., Freund-Levi Y., Fielding R.A., Cheng F.W., Jensen G.L., Wu D., Meydani S.N. 2017. Nutritional considerations for healthy aging and reduction in age-related chronic disease. *Adv. Nutr.* 8:17-26.

Szeto Y., Tomlinson B., Benzie I. 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: Implications for dietary planning and food preservation. *British Journal of Nutrition*, 87(1):55-59.

Thompson K.A., Marshall M.R., Sims C.A., Wei C.I., Sargent S.A., Scott J. W. 2000. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science*, 65(5):791-795.

Watada A.E. 1982. A high-performance liquid chromatography method for determining ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables. *HortScience*, 17(3):334-335.

Willcox J., Ash S., Catignani G. 2004. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 44:275-295.

Zhuang Y., Chen L., Sun L., Cao J. 2012. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *J. Funct. Foods*, 4:331-338.